

# Kongeriget Danmark

Patent application No.: PA 1998 01298  
Date of filing: 12 October 1998  
Applicant: Dicon A/S  
Sønderskovvej 5  
DK-8520 Lystrup

This is to certify the correctness of the following information:

The attached photocopy is a true copy of the following document:

The specification, claims, abstract and drawings as filed with the application on the filing date indicated above.



Patent- og  
Varemærkestyrelsen  
Erhvervsministeriet

TAASTRUP 26 October 1999

Karin Schlichting  
Head Clerk

## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**AARHUS PATENTKONTOR**

Patentingenlør N.H. Gregersen  
Skanderborgvej 40, DK-8000 Aarhus C  
Telefon : 86142311 - Fax : 86110071

---

102402

**Ansøger:** Dicon A/S  
Sønderskovvej 5  
8520 Lystrup

**Opfinder:** Henning Henningsen  
Nørregade 25  
8670 Låsby

**Betegnelse:** Rapid prototyping apparat og fremgangsmåde til rapid prototyping.

### **Teknikkens baggrund**

Opfindelsen angår et såkaldt rapid prototyping apparat (apparat) til fremstilling af 3-dimensionale emner ved additiv behandling af tværsnit, der hver helt eller delvist omfatter lysfølsomt materiale, hvor apparatet omfatter midler til belysning af et tværsnit af det lysfølsomme materiale via mindst et microshutterarrangement af styrbare lysventiler som angivet i krav 1's indledning.

Opfindelsen angår ligeledes en fremgangsmåde til fremstilling af 3-dimensionale emner ved brug af et rapid prototyping apparat, hvor et helt eller delvist lysfølsomt materiale behandles med midler til belysning ved at et tværsnit af materialet belyses via mindst et microshutterarrangement af styrbare lysventiler, som angivet i krav 15's indledning.

### **Opfindelsens baggrund**

I forbindelse med fremstilling af mekaniske prototyper under produktdesignprocesser er de sidste års tendenser mere og mere retning af anvendelse af forskellige typer rapid prototyping teknikker, hvor tredimensionale emner fremstilles ved lagvis opbygning af tværsnit, der er genereret ved en given tværsnitsbestemmende belysning, sintring, hærkning eller placering af materiale etc. på hvert tværsnit. De enkelte tværsnit er eksempelvis genereret som filer fra tegneprogrammer. Fordelen ved RP er at fremstilling af dyre støbeværktøjer kan undgås før et givet apparatdesign er færdiggjort, ligesom besværlige og tidskrævende modifikationer af et støbeværktøj i vidt omfang kan undgås.

Der findes endda en række forskellige teknikker til fremstilling af relativt billige og hurtige prototype- eller 0-serie støbeværktøjer ud fra en fremstillet Rapid Prototype.

En af flere RP-teknikker anvendes eksempelvis i Stereolitografiske apparater, også benævnt SLA. Denne teknik går ud på at de enkelte lag eller tværsnit i en prototype fremstilles af et fotofølsomt medium, der ved hjælp af en EDB-styret belysning hærdes til en sammenhængende prototype.

Apparater og teknikker af den ovenstående type er f.eks. beskrevet i US-A-4,575,330, hvor den tværsnitsbestemmende belysning er beskrevet til at foregå ved såvel en laser, der tegner hvert tværsnit, eller en gennemlyselig maske, der eksponerer det ønskede tværsnit.

En af ulemperne ved det ovenstående system er imidlertid at lysdistributionen over tværsnittet begrænser systemets designfleksibilitet da kendte lyskilder kun kan tilpasses begrænsede systemdimensioner.

Ved fremstilling af large-scale modeller er man således henvist til at opdele en given ønsket prototype i flere prototypedele, fremstille disse hver for sig i separate arbejdsgange og endeligt sammenføje disse til en færdig prototype ved eksempelvis limning.

Denne fremgangsmåde er imidlertid behæftet med ikke ubetydelige tekniske besværligheder og komplikationer. Eksempelvis skal der tages hensyn til randproblemer for hver prototypedel, da tolerancerne mellem nabo-prototypedele er forskellig fra de tolerancer, der forekommer mellem hvert lag af de fremstillede lag i de enkelte prototypedele. Dette kan dog udkompenseres ved passende hensyntagen til disse forhold i belysningsalgoritmer eller ved en decideret mekanisk forarbejdning af de enkelte prototypedele hvis dette måtte være nødvendigt. Denne kompensation vil specielt i det "lodrette plan" være vanskelig, og kan eksempelvis føre til såvel under som overeksponering og dermed følgende tolerance eller sammenhæfningsfejl mellem de enkelte lag.

Der vil også kunne være problemer i forbindelse med selve sammenlimningen af prototypedelene, da der ved hærdeningen af limen kan opstå sammentrækninger eller udvidelser i limstedet. Disse ændringerne ved hærdeningen vil oftest være af ulineær karakter og dermed meget svære at beregne på forhånd eller forudse.

Et yderligere problem er at disse sammenføjninger specielt ved large-scale modeller giver anledning til styrkeproblemer.

En anden ulempe, der er meget væsentlig, er at gangse RPA-materialer (materialer til Rapid Prototyping Apparater), såsom acrylater og ikke mindst epoxy er særdeles sundhedsskadelige, hvorfor manuelle arbejdsgange er uønskede. Det skal i denne sammenhæng nævnes at sammenføjnngen af de enkelte prototyper er henvist til at foretages ved en manuel arbejdsgang, hvilket i sig selv er et fordyrende og besværliggørende forhold. Derudover skal det fremhæves at den ovenfor beskrevne metode på grund af de nødvendige manuelle arbejdsgange vanskeliggør indkapsling af selve apparatet i forhold til de nødvendige operatører. Dette er især et problem i forbindelse med anvendelsen af de eksempelvis ovennævnte sundhedskritiske eller direkte giftige materialer.

Endeligt skal det nævnes at den kendte metode er behæftet med et forholdsvis stort tidsforbrug, hvor dette alt efter prototypens størrelse vil dreje sig om mange timer op til flere dage.

Det er formålet med opfindelsen at opnå en RP-teknik og et RP apparat, der kan anvendes til produktion af large-scale prototyper, omend ikke begrænset hertil, ligesom det er et formål med opfindelsen at opnå et system-design, der kan anvendes til design af forskellige typer RPA-systemer uden væsentlige designmodifikationer.

### Opfindelsen

Opfindelsen angår et rapid prototyping apparat til fremstilling af tredimensionale emner ved additiv behandling af tværsnit, der hver helt eller delvist omfatter lysfølsomt materiale, og hvor apparatet omfatter midler til belysning af et tværsnit af det lysfølsomme materiale via mindst et microshutterarrangement af elektrisk styrbare lysventiler, der er særpræget ved at midlerne til belysning omfatter en flerhed af lysgivere arrangeret i forhold til microshutterarrangementet på en sådan måde, at hver lysgiver belyser et delareal af microshutterarrangementet. Herved opnås mulighed for at designe et givet RP-system til at kunne håndtere prototyper af en i princippet vilkårlig størrelse, da antallet af lysgivere og dermed delarealer som belyses kan øges indtil det svarer til prototypens størrelse. Herved er det muligt på en nem måde at designe et belysningssystem til RP-system, der er opbygget som et modulsystem med et antal belysningsmoduler som

kan adderes eller arrangeres passende i forhold til systemdesignet. Denne fleksibilitet kan i princippet udnyttes til både design af RP's til large-scale prototyper såvel som til design af mere konsumorienterede RP's til small scale modeller.

Ligeledes giver flerheden af lysgivere mulighed for at der kan anvendes tilnærmelsesvis punktformet lyskilder. Ved brug af et system ifølge opfindelsen kan der opnås en diameter af det punktformet belysningspunkt ned til 10  $\mu$ , hvor den kendte teknik i bedste fald kan holde 80  $\mu$ . Dette er en stor fordel ved fremstilling af prototyper, der skal have stor præcision. Herunder f.eks. værktøjsfremstilling, hvor prototypen efter fremstilling eksempelvis belægges med et metallag inden den bruges i forbindelse med støbning af et værktøj.

I visse områder af den kendte teknik bruges en langstrakt lyskilde, som f.eks. et lysstofrør eller en excimerlampe for at kunne fremstille prototyper af en vis dimension. Langstrakte lyskilder alene giver ifølge de optiske love dog kun mulighed for at skabe et langstrakt belysningspunkt, hvilket igen forringer muligheden for høj detaljering på prototypen væsentligt. Derudover er langstrakte lyskilder behæftede med forholdsvis store tab.

Alternativt må der i forbindelse med de langstrakte lyskilder bruges en del optik for at korrigere belysningspunktets facon. Dette fordyrer naturligvis systemet væsentligt samtidig med at det kræver stor præcision ved montering af optikken.

Flerheden af lysgivere giver desuden mulighed for at forege belysningseffekten over belysningstværsnittet, da hvert delareal kan belyses af en individuel lysgiver eller endda lyskilde. Dette er en fordel, da det giver mulighed for at tilpasse belysningseffekten til den enkelte prototype, så den får den optimale belysningsmængde.

Ved, som angivet i krav 1 at belyse delarealerne individuelt opnås således en effektsumming over antallet af delarealer.

En særlig fordel ved belysningssystemet ifølge opfindelsen skal ligeledes findes i at belysningen af delarealer giver mulighed for at udforme delarealer i separate belysningsmoduler, der kan udskiftes forholdsvis uproblematisk, idet de enkelte belysningsmoduler bare skal justeres ind (allignes) indbyrdes.

Dette skal blandt andet ses i lyset af at belysningsmoduler i forhold til flere RP-teknologier må anses som værende rimeligt udsatte, da flere medier ved kontakt med belysningsystemet vil beskadige dette permanent, hvorfor det er ønskeligt at opnå mulighed for en forholdsvis uproblematisk del-udskiftning af belysningsskutterne.

Dette skal ligeledes ses i lyset af at flere af de eksisterende belysningsteknologier for nuværende har begrænsede levetider. Dette gælder eksempelvis LCD-baserede lysventiler, hvor den kraftige lyspåvirkning, specielt ved UV-lys, giver en risiko for gradvist at nedbryde de aktiverbare krystaller, ligesom dette gælder de i denne opfindelse anvendte micro-mekaniske skuttere, der må forventes at have begrænsninger i antallet af on-/off skift.

Ved behandling forstås i bred forstand eksempelvis en hærkning eller opløsning af det lysfølsomme materiale.

Ved, som angivet i krav 2, at lade midlerne til belysning omfatte en flerhed af lysgivere i form af lysledere, der via et lysventilarrangement er arrangeret til belysning af en belysningsflade, idet lysventilarrangementet omfatter et antal elektrisk styrede lysventiler, opnås en yderligere fordelagtig udførelsesform ifølge opfindelsen. Ved at anvende lysledere vil den ovennævnte fordel i forhold til en forholdsvis uproblematisk udskiftning af belysningsmoduler også opretholdes i udpræget grad, da den indbyrdes allignment af belysningsmodulerne kun skal suppleres af en ukritisk af- og påmontering af en light-emitting ende af en lysgiver. Der kræves således ikke nogen kritisk kalibrering af belysningssystemet.

Ved at foretage en distribution af lys via flere lysledere, der hver belyser et antal lysventiler, opnås ligeledes mulighed for på enkel vis at anvende flere lyskilder, idet hver lyskilde således i givet fald kan dedikeres til netop en lysleder, således at den opnåede effekt bliver maksimal.

En yderligere fordel ved at distribuere lys ved hjælp af lysledere er, at lys på passende måde kan blandes i koblere eller lignende til opnåelse af en større opsummeret transmitteret effekt i de enkelte lysledere.

En yderligere fordel ved opfindelsen er, at det gradvist bliver muligt at opnå forøgede indgangseffekter fra eksempelvis lamper i UV-området, således at den til lysventilerne transmitterede effekt bliver så stor, at de enkelte lysledere kan afgive lys, der har tilstrækkelig stor energi til at belyse flere lysventiler på en gang.

I forbindelse med anvendelse af eksempelvis UV-lamper, har det ligeledes vist sig, at introduktionen af "makrobelysningsområder", dvs. hvert område, der belyses af en enkelt lysleder, ikke giver væsentlige randeffekter mellem hvert belysningsområde, ligesom det har vist sig, at eventuelle større variationer mellem de afgivne effekter fra hver lysleder (som funktion af en varierende intensitetsprofil fra en tilkoblet lampe for eksempel på grund af forskellig placering af indkoblingsoptikken til de enkelte fibre i forhold til lampen), kan udkompenseres ved en passende mixning af lyslederne, hvorved resultatet af den færdige belysning er en ensartet visuel fremtoning, uden væsentlige markante intensitetsforskelle i randområderne.

Den ovenfor omtalte mixning kan eksempelvis udføres under hensyntagen til, at nabo-makrobelysningsområder får tilført optisk effekt, der ikke afviger væsentligt indbyrdes, mens makrobelysningsområder, der er orienteret relativt fjernt indbyrdes, kan have en noget større intensitetsforskel, uden at dette giver væsentlige visuelle forstyrrelser på belysningsfladen.



En yderligere fordel ifølge opfindelsen kan opnås ved at filtrere lyset til eller afgivet fra de enkelte lysledere, således at belysningsintensiteten er ensartet for alle eller en del af lyslederne.

Et apparat ifølge opfindelse kan til forskel fra den kendte teknik således opbygges på en relativ simpel måde under samtidig opnåelse af en høj opløsning, høj belysningshastighed, god præcision og uniform belysningsintensitet over et meget stort belysningsareal.

Opfindelsen er særlig fordelagtig i forbindelse med lysventiler, der er behæftet med relativt store tab. Et eksempel på sådanne lysventil typer kan eksempelvis være elektrooptisk baserede lysventiler, såsom LCD, PDLC, PLZT, FELCD og Kerr-cells. Andre typer lysventiler kan eksempelvis være elektromekaniske refleksionsbaserede lysmodulatorer af DMD-typen.

Ifølge opfindelsen er det således muligt på enkel vis at opsummere lys over en stor flade under anvendelse af relativt få lysledere, ligesom det bliver muligt at orientere lysgiverne i belysningssystemet relativt frit, da lysgiverne består af lyslederender fremfor eksempelvis en lyskilde med tilhørende optisk system, drivere og kølemidler.

En særlig fordelagtig udførelsesform ifølge opfindelsen opnås for transmissive lysventiler, da disse resulterer i færrest mulige optiske tab, hvilket kan være helt afgørende for visse applikationers funktionalitet.

Ved, som angivet i krav 3, at lade rapid prototyping apparat omfatte yderligere et første linsearrangement, idet linsearrangementet omfatter mindst en microlinse arrangeret i forhold til hver lysventil, således at det af lysgiveren eller lysgiverne afgivne lys fokuseres på eller i omegnen af den optiske akse for de enkelte lysventiler, opnås en høj udnyttelse af den fra lysgiveren afgivne lyseffekt samt hurtige skiftetider.

Ved, som angivet i krav 4, at rapid prototyping apparat yderligere omfatter et andet micro-linsearrangement arrangeret mellem lysventilerne og belysningsfladen, således at

lys, der transmitteres gennem den enkelte lysventils lyskanal, fokuseres passende på belysningsfladen, opnås at lyset fra hver kanal afsættes i mindre punkter (dots) med høj intensitet på belysningsfladen.

Der opnås også en til anvendelsesområdet særdeles fordelagtig mulighed for at forebygge driftfejl. Det bliver således muligt at flytte belysningsplanet så langt som muligt fra lysventilarrangementet, for derved at nedsætte risikoen for at mediet berører lysventilarrangementet.

Belysningsafstanden kan således dimensioneres ved designet af microlinserne. Denne egenskab er særlig fordelagtig da den foreliggende teknik, i modsætning til visse andre applikationer, er teknisk sårbar over for positioneringsmæssige unøjagtigheder i z-planet.

Ved, som angivet i krav 5, at lade de optiske lysledere udgøres af optiske fibre, fortrinsvis multimode fibre, opnås et lille tab af lysintensitet, samt stor konstruktionsmæssig fleksibilitet i den rumlige placering af de enkelte elementer.

Ved at anvende multimode fibre opnås ligeledes mulighed for at belyse belysningsfladen med mere bredspektret lys.

Ved, som angivet i krav 6, at lade mindst en af lyskilderne udgøres af en kortbuelyslampe (short arc gap lamp), opnås en høj afgiven lyseffekt fra et område med begrænset fysisk udstrækning (høj strålingsintensitet).

Ved, som angivet i krav 7, at lade de enkelte lysventiler være arrangeret i rækker i fladeformens tværretning med lysventilerne i en givet indbyrdes afstand, og med rækkerne indbyrdes forsat i tværretningen, opnås mulighed for at fordele lyset lineært over en stor bredde.

Ved, som angivet i krav 8, at arrangere rækkerne således, at alle de enkelte lysventilers projektion på tværretningen i fladeformen resulterer i et antal belysningspunkter med en indbyrdes afstand i tværretningen, opnås at der kan afsættes lys i punkter med en væsentlig højere opløsning end svarende til afstanden mellem de enkelte lysventiler på grund af disses fysiske udstrækning, hvis disse var placeret på en enkelt række i tværretningen.

Ved, som angivet i krav 9, at lade lysventilernes fladeform eller fladeformer være arrangeret på et eller flere belysningshoveder, idet hvert belysningshoved og belysningsfladen er indrettet til at foretage en relativ bevægelse over et belysningsareal, idet indretningen ligeledes er forsynet med en styreenhed til styring af lysventilerne i afhængighed af den relative bevægelse mellem belysningshovedet og belysningsfladen, opnås en fordelagtig udførelsesform ifølge opfindelsen.

Ved, som angivet i krav 10, at lade belysningshovedet eller belysningshovederne udgøre en stang, hvis relative bevægelse med belysningsfladen er en enkel fremadskridende bevægelse i stangens tværretning, opnås at der kan afsættes belyste punkter i hele, eller en væsentlig del af belysningsfladens bredde, og i kraft af scannebevægelsen på hele eller en væsentlig del af belysningsfladen.

Ved, som angivet i krav 11, at lade belysningsenheden mellem lysventilarrangementet og belysningsfladen yderligere omfatte optiske midler til spredning af de af lyskanalerne afgivne lysstråler over belysningsfladen, opnås at der kan eksponeres over et område, der er fysisk større end det område lyskanalerne dækker over, hvorved der eksempelvis kan kompenseres for ikke-aktive randområder omkring et lysventilarrangement.

Ved, som angivet i krav 12, at lade belysningsenhedens lysventiler udgøres af elektrooptisk baserede lysventiler (spatial light modulators) såsom LCD, PDLC, PLZT, FELCD eller Kerr-cells, opnås en stor designmæssig fleksibilitet med hensyn til valg af lysmodulatorprincip i den enkelte applikation, herunder blandt andet at standardiserede komponenter kan reducere fremstillingsprisen.

Ved, som angivet i krav 13, at lade belysningsenhedens lysventiler udgøres af reflektionsbaserede elektromekaniske lysventiler såsom DMD, opnås ligeledes en fordelagtig udformning af opfindelsen på basis af eksisterende ventilt teknologier.

Ved at lade belysningsenhedens lysventiler udgøre af transmissionsbaserede elektromekaniske lysventiler, opnås en løsning med meget lille dæmpning af lys gennem modulatoren. Denne fordel giver sig særligt til kende i den forstand at selv små forbedringer i den tilrådighedværende strålingsintensitet giver markant reducerede belysningstider. Dette skal ses i lyset af at en RP-prototype er fabrikeret af adskillige materialeg og tidsgevinsten pr. lag derfor opsummeres til en samlet ikke ubetydelig tidsgevinst.

Ved, som angivet i krav 14, at lade belysningsenhedens lysledere være ordnet således i forhold til lysventilarrangementet, at den tilførte optiske energi til hver delmængde af lysventiler ikke afviger væsentligt indbyrdes, når delmængderne af lysventiler belyser naboarealer eller arealer, der ligger tæt på hinanden på belysningsfladen, opnås at den tilladte variation i lysintensitet mellem samtlige lysgivere kan øges uden at dette bliver synligt.

Opfindelsen angår yderligere en fremgangsmåde, som angivet i krav 15, til fremstilling af tredimensionale emner ved brug af et rapid prototyping apparat, hvor et helt eller delvist lysfølsomt materiale behandles med midler til belysning ved at et tværsnit af materialet belyses via mindst et microshutterarrangement af elektrisk styrbare lysventiler, og hvor midlerne til belysning omfatter en flerhed af lysgivere arrangeret i forhold til microshutterarrangementet på en sådan måde, at hver lysgiver belyser et delareal af microshutterarrangementet.

Derved opnås et fleksibelt belysningssystem, der i forhold til tilsvarende eksisterende fremgangsmåder kan fremstille prototyper med en hastighed, der på muværende tidspunkt er op til ti gange hurtigere end den hurtigste kendte teknik.

Jo større modeller, jo større fordel opnås ifølge opfindelsen.

Ved, som angivet i krav 16, at lade det helt eller delvise lysfølsomt materiale placere som et lag på en plade i en beholder, hvorefter det belyses af RP-apparatet inden et nyt lag placeres ovenpå det foregående lag, opnås gradvis opbygning af den ønskede prototype. Metoden ifølge opfindelsen giver således mulighed for at danne et lag og sammenhæfte dette med et foregående lag i en og samme arbejdsgang.

Ved, som angivet i krav 17, at lade RP-apparatet indeholde et styreprogram, hvor en 3D-repræsentation af prototypen der ønskes opbygget, omdannes til filer indeholdende tværsnit af prototypen, og hvor filernes indhold bruges til at kontrollere de styrbare lysventiler, opnås mulighed for at konvertere eksempelvis grafiske repræsentationer til en given prototype. Dette sker ifølge opfindelsen med en meget lille genereringshastighed.

#### Figurerne

Opfindelsen vil i det følgende blive beskrevet under henvisning til figurerne hvor fig. 1 viser et eksempel på en SLA applikation ifølge opfindelsen, og hvor fig. 2 viser et yderligere eksempel på en SLA applikation ifølge opfindelsen

#### Detaljeret beskrivelse

På fig. 1 ses en principskitse af et udførelseseksempel ifølge opfindelsen.

Med microshuttere eller lysventiler forstås i bred forstand transmissive lysblændere, idet disse eksempelvis kan udgøres af mikromekaniske shuttere. De enkelte shutterelementer kan eksempelvis være af den type, der er beskrevet i fransk patentansøgning nr. 9412928 eller den tilsvarende EP-A 709 706 beskrevne type, idet det ifølge opfindelsen er afgørende, at det lys, der skal moduleres, transmitteres direkte gennem den enkelte microshutter til opnåelse af et minimalt transmissionstab.

Det viste Rapid Prototyping (RP) apparat omfatter en stationær del, hvis væsentligste komponenter omfatter et kar 1, der er indrettet til at kunne indeholde en passende mængde af et flydende RP medie 2. Et RP-medie, dvs. det materiale, der i behandlet form skal udgøre RP-prototypen, kan eksempelvis være epoxy, acrylater eller lignende

## 12

RP-materialer. Den stationære del er yderligere udformet med en føring 4, der tjener til en relativ positionering mellem den stationære del og en bevægelig belyningsanordning 3. Belyningsanordningen 3 kan yderligere omfatte tilsvarende føringsmidler (ikke vist) til eksempelvis en bevægelse op-ned. RP-apparatet omfatter yderligere ikke viste midler, der er indrettet til, under computer kontrol, at foretage en relativ bevægelse af belyningsanordningen 3, der svarer til en passende, ligeledes computer-kontrolleret, styring af RP-apparatets belyningsystem.

Belyningsanordningen 3 er ligeledes forsynet med et belyningsystem, hvis væsentligste komponenter vil blive beskrevet i det følgende.

Belyningsanordningen 3 omfatter således et lyskildearrangement 6 monteret i et ophæng 5, der omfatter i sig selv kendte nødvendige belyningsmidler samt tilhørende power supply og kølemidler. Belynskilden udgøres i det viste eksempel af en UV-kilde. Lyskilden med tilhørende aggregater og kølemidler kan være stationær eller bevægelig.

Lyskildearrangementet 6 er optisk forbundet med bundter 7 af optiske multi-mode fibre. Disse bundter 7 udgøres til otte enkeltfibre 8, der hver belyser et microshutterarrangement af eksempelvis 588 micro-mekaniske lysventiler. Otte enkeltfibre belyser således tilsammen et belyningsmodul 9, der omfatter otte microshutterarrangementer, der hver udgør et delareal af det samlede microshutterarrangement.

Selve opbygningen samt orienteringen af disse lysventilmoduler er beskrevet i nærværende ansøgers tidligere WO-ansøgninger PCT/DK98/00154 og PCT/DK98/00155, der hermed er inkorporeret ved reference.

Hvert delareal omfatter et antal light valves, der individuelt kan styres elektrisk af en dermed forbundet kontrolenhed (ikke vist). Lysventilarrangementet kan eksempelvis udgøres af et LCD display med en given ønsket opløsning. Micromekaniske shuttere foretrækkes dog.

Hele delarealet af light valves belyses af en lysleder 8, der er arrangeret således at en lysstråle, der emitteres fra lyslederen 8 kan tildele optisk energi til alle light valves i delarealet.

Det skal bemærkes, at lysstrålen som oftest vil blive tilledt gennem kollimeringsoptik til delarealerne, således at den til lysventilarrangementet tilledte lysstråle er plan og energi-uniform.

Microshutterne i belysningsmodulerne 9 er i det viste belysningsarrangement indrettet til at foretage en scanning over en scannelinie, der har længden 25-30 cm.

Det fremgår af eksemplet tydeligt at længden af den anvendte scannelinie, dvs. en af maksimumdimensionerne af en fremstillet RP-prototype, i modsætning til den kendte teknik kan udformes vilkårligt, da den "lokale" belysning af de enkelte belysningsmoduler i belysningsmæssig henseende kan orienteres vilkårligt i belysningsplanet. Derudover fremgår det med al ønskelig tydelighed, at belysningen ved hjælp af en central lyskilde i samvirkning med de tilkoblede optiske ledere giver kolossale designfordele, der yderligere afspejler sig økonomiske og kvalitetsmæssige fordele ved den færdige konstruktion. Den viste konstruktion er således særdeles robust, og enkelte defekte eller beskadigede belysningsmoduler kan problemfrit udskiftes.

Apparatet er yderligere udført med ikke-viste styringsmidler, der er indrettet til at tilvejebringe en relativ Z-positionering (op-ned bevægelse) og orientering mellem belysningssystem og medium 2. Et eksempel på sådanne midler er beskrevet mere indgående i udførelseseksemplet vist på fig. 2.

På figur 2 er der vist et RP-apparat indeholdende en stationær del, bestående af fastmonteret skinne der er forsynet med en slæde 27 der kan bevæge sig i X-Y planet. På denne slæde er der monteret en holder 28 til fastholdelse af en belysningsanordning, hvor belysningsanordningen kan bevæge sig i det vandrette plan, samtidig med at anordningen holdes fast i lodret plan.

I belysningsanordningen indgår et belysningsmodul 21, der er opbygget af et antal lysventiler. Til forsyning af lys fra en lyskilde til ventilerne er der monteringssteder 22 for lysfibre, hvor lysfibernes ender (eng.: Light emitting ends) er forsynet med stik, der muliggør en hurtig og simpel forbindelse uden krav om decideret kalibrering.

Den stationære del af RP-apparatet indeholder desuden en lodret løfteskinne 20, hvori der bevæger sig en slæde 29 i det lodrette plan. Slæden har en mekanisk forbindelse til en plade 24, hvorved det bliver muligt at bevæge pladen i det lodrette plan. Pladen er sænket ned i et kar 23, der er indrettet til at kunne indeholde en passende mængde af et flydende RP medium og hvor pladen holdes nedsænket under mediets overflade.

Karret 23 er placeret under belysningsmodulet, som kan bevæges henover karret i det vandrette plan på grund af slædearrangementet 26-28, samtidig med at RP-mediet belyses passende gennem belysningsmodulets lysventiler. Ved belysningen vil den belyste mængde af RP-mediet størkne fra dets overflade ned til pladens overflade. Efter størkningen sænkes pladen atter ned under overfladen af det flydende medie, og da pladen er forsynet med et antal lodrette, gennemgående huller 23 kan denne nedsænkning ske hurtigt, samtidig med at mediet ikke bringes unødigt i bevægelse.

Pladen nedsænkes netop så meget, at der efter endt positionering i lodret retning, placeres et nyt lag af det flydende RP-medium ovenpå det eller de indtil da størknede lag. Herefter udføres belysningen af dette nye lag.

Det er naturligvis underforstået, at også karret kan være bevægeligt og belysningsmodulet stationært i en anden udførelsesform, eller begge dele bevægelige, idet der er tale om at der skal foregå en relativ bevægelse mellem de dele. I de tilfælde hvor karret bevæges vil der dog normalt være tale om et PR-medium i mere højviskos, eller mere fast form for at undgå skvulping og bølgedannelse.



Liste over tegningsnumre:

- 1: Kar 2: Flydende RP medie
- 3: Belysningsanordning
- 4: Føring
- 5: Ophæng
- 6: Lyskildearrangement
- 7: Bundter af optiske fibre
- 8: Enkeltfibre
- 9: Belysningsmoduler
- 20: Løfteanordning i lodret plan
- 21: Belysningsmodul
- 22: Monteringssteder for light emitting ends
- 23: Kar for RP-medie
- 24: Plade
- 25: Huller i plade
- 26: Skinne
- 27: Slæde for belysningsanordningen
- 28: Holder for belysningsanordningen
- 29: Slæde for pladen

## PATENTERAV

1. Rapid prototyping apparat til fremstilling af 3-dimensionale emner ved additiv behandling af tværsnit, der hver helt eller delvist omfatter lysfølsomt materiale (2), og hvor apparatet omfatter midler til belysning af et tværsnit af det lysfølsomme materiale (2) via mindst et microshutterarrangement af elektrisk styrbare lysventiler, *kendetegnet* ved, at midlerne til belysning omfatter en flerhed af lysgivere (8) arrangeret i forhold til microshutterarrangementet på en sådan måde, at hver lysgiver (8) belyser et delareal af microshutterarrangementet.

2. Rapid prototyping apparat ifølge krav 1, *kendetegnet* ved, at midlerne til belysning omfatter en flerhed af lysgivere (8) i form af lysledere, der via et lysventilarrangement er arrangeret til belysning af en belysningsflade, idet lysventilarrangementet omfatter et antal elektrisk styrede lysventiler.

3. Rapid prototyping apparat ifølge krav 1 eller 2, *kendetegnet* ved, at det yderligere omfatter et første linsearrangement, idet linsearrangementet omfatter mindst en microlinse arrangeret i forhold til hver lysventil, således at det af lysgiveren eller lysgiverne (8) afgivne lys fokuseres på eller i omegnen af den optiske akse for de enkelte lysventiler.

4. Rapid prototyping apparat ifølge krav 1-3, *kendetegnet* ved, at det yderligere omfatter et andet linsearrangement, idet linsearrangementet omfatter mindst en microlinse arrangeret mellem lysventilerne og belysningsfladen, således at lys, der transmitteres gennem den enkelte lysventils lyskanal, fokuseres passende på belysningsfladen.

5. Rapid prototyping apparat ifølge krav 1-4, *kendetegnet* ved, at de optiske lysledere (8) udgøres af optiske fibre, fortrinsvis multimode fibre.

6. Belysningsenhed ifølge krav 1-5, *kendetegnet* ved, at mindst en af lyskilderne udgøres af en kortbuegløslampe (short arc gap lamp).

7. Rapid prototyping apparat ifølge krav 1-6, *kendetegnet* ved, at de enkelte lysventiler er arrangeret i rækker i fladeformens tværretning med lysventilerne i en givet indbyrdes afstand, og at rækkerne er indbyrdes forsat i tværretningen.

8. Rapid prototyping apparat ifølge krav 1-7, *kendetegnet* ved, at rækkerne er arrangeret således, at alle de enkelte lysventilers projektion på tværretningen i fladeformen resulterer i et antal belysningspunkter med en indbyrdes afstand i tværretningen.

9. Rapid prototyping apparat ifølge krav 1-8, *kendetegnet* ved, at lysventilernes fladeform eller fladeformer er arrangeret på et eller flere belysningshoveder, idet hvert belysningshoved og belysningsfladen er indrettet til at foretage en relativ bevægelse over et belysningsareal, idet indretningen ligeledes er forsynet med en styreenhed til styring af lysventilerne i afhængighed af den relative bevægelse mellem belysningshovedet og belysningsfladen.

10. Rapid prototyping apparat ifølge krav 1-9, *kendetegnet* ved, at belysningshovedet eller belysningshovederne udgør en stang, hvis relative bevægelse med belysningsfladen er en enkel fremadskridende bevægelse i stangens tværretning.

11. Rapid prototyping apparat ifølge krav 1-10, *kendetegnet* ved, at belysningsenheden mellem lysventilarrangementet og belysningsfladen yderligere omfatter optiske midler til spredning af de af lyskanalerne afgivne lysstråler over belysningsfladen.

12. Rapid prototyping apparat ifølge krav 1-11, *kendetegnet* ved, at belysningsenhedens lysventiler udgøres af elektrooptisk baserede lysventiler (spatial light modulators) såsom LCD, PDLC, PLZI, FELCD eller Kerr-cells.

13. Rapid prototyping apparat ifølge krav 1-12, *kendetegnet* ved, at belysningsenhedens lysventiler udgøres af refleksionsbaserede elektromekaniske lysventiler såsom DMD.

14. Rapid prototyping apparat ifølge krav 1-13, *kendetegnet* ved, at belysningsenhedens lysledere er ordnet således i forhold til lysventilarrangementet, at den tilførte optiske energi til hver delmængde af lysventiler ikke afviger væsentligt indbyrdes, når delmængderne af lysventiler belyser naboarealer eller arealer, der ligger tæt på hinanden på belysningsfladen.

15. Fremgangsmåde til fremstilling af 3-dimensionale emner ved brug af et rapid prototyping apparat, hvor et helt eller delvist lysfølsomt materiale behandles med midler til belysning ved at et tværsnit af materialet belyses via mindst et microshutterarrangement af elektrisk styrbare lysventiler, *kendetegnet* ved, at midlerne til belysning omfatter en flerhed af lysgivere (8) arrangeret i forhold til microshutterarrangementet på en sådan måde, at hver lysgiver (8) belyser et delareal af microshutterarrangementet.

16. Fremgangsmåde ifølge krav 15, *kendetegnet* ved, at det helt eller delvist lysfølsomme materiale (2) placeres, som et lag på en plade (24) i en beholder, hvorefter det belyses af RP-apparatet inden et nyt lag placeres ovenpå det foregående lag.

17. Fremgangsmåde ifølge krav 15 eller 16, *kendetegnet* ved, at RP-apparatet indeholder et styreprogram, hvor en 3D-repræsentation af prototypen der ønskes opbygget, omdannes til filer indeholdende tværsnit af prototypen, og hvor filernes indhold bruges til at kontrollere de styrbare lysventiler.

## Rapid prototyping apparat og fremgangsmåde til rapid prototyping.

---

### SAMMENDRAG

Opfindelsen angår et rapid prototyping apparat samt en metode til fremstilling af 3-dimensionale emner ved additiv bearbejdning af tværsnit, der hver helt eller delvist omfatter lysfølsomt materiale, hvor apparatet omfatter midler til belysning af et tværsnit af det lysfølsomme materiale (2) via mindst et microshutterarrangement af styrbare lys-ventiler, hvor midlerne til belysning omfatter en flerhed af lysgivere (8) arrangeret i forhold til microshutterarrangementet på en sådan måde, at hver lysgiver (8) kan belyse forskellige delarealer af det lysfølsomme tværsnit.

Ifølge opfindelsen opnås en stærk forenkling af et RP-systemdesign, ligesom apparater ifølge opfindelsen designes således at disse kan fremstille prototyper i principielt vilkårlig størrelser.

(Fig. 1)

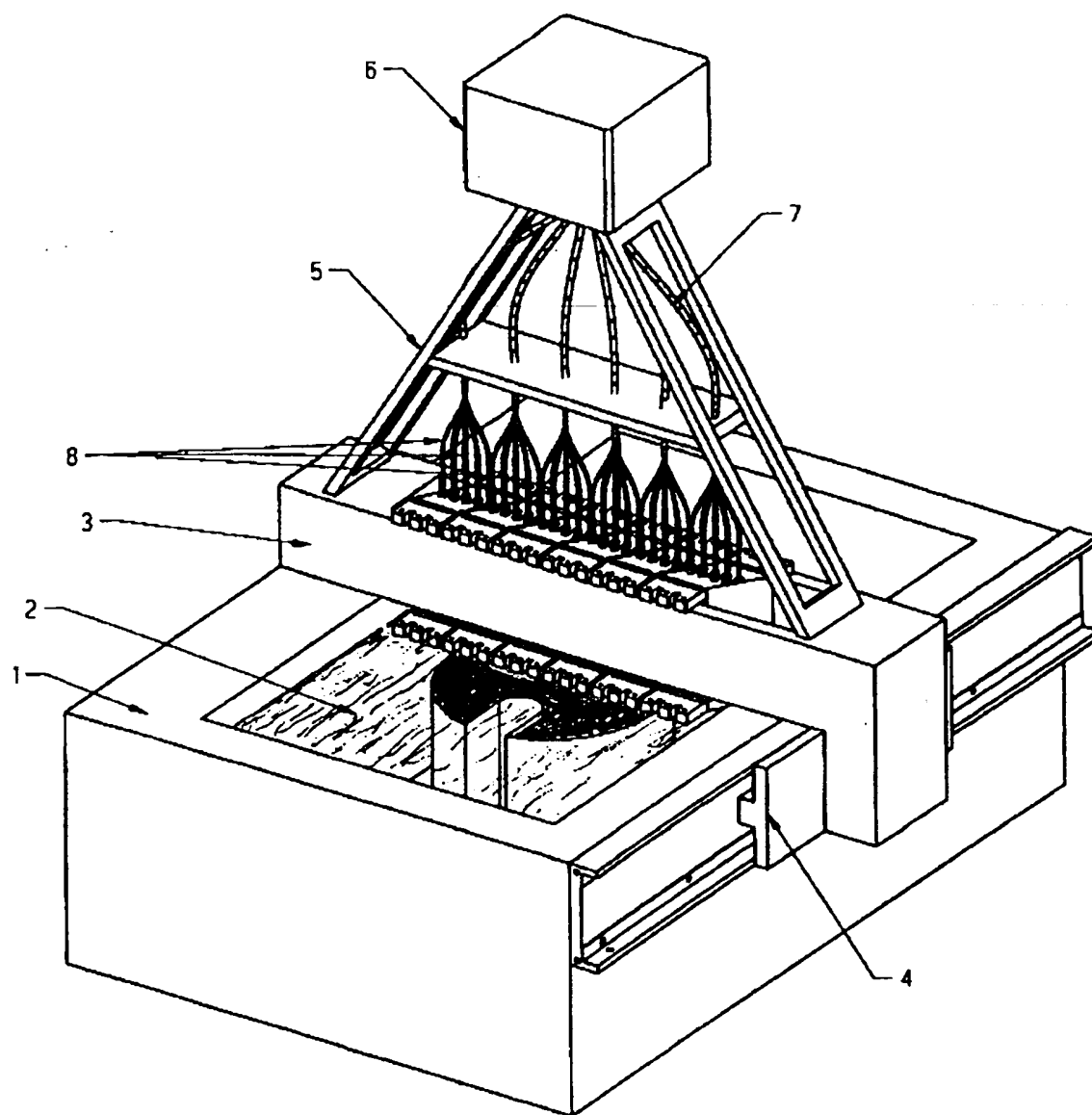


FIG. 1

